

金属屋根葺き材の強風による飛散風速推定法の開発

Development of a method for estimating the scattering of aged metal roofing by strong wind.

八戸工業高等専門学校産業システム工学科 助教 今野 大輔

(研究計画ないし研究手法の概略)

本研究の目的は、建物屋根の「金属屋根葺き材」を対象として、「金属屋根の強風による破損メカニズムの解明および耐力情報の拡充」である。金属屋根葺き材は軽量であるため、強風災害時に剥離・飛散する被害が多く見られる。屋根葺き材が剥離・破損した場合には、飛散物として他の建物にも影響を与えるために、単体としての被害は小さくとも、周囲への被害が連鎖的に生じ、被害のエリアが広く、社会的インパクトは非常に大きい。そのような被害を低減させるためには、そこで本研究では、実変動風圧載荷装置を用い、金属屋根葺き材を対象として実変動風圧を作用させる実物大耐力試験により、動的荷重効果を考慮した金属屋根の破損メカニズムの解明を目指す。研究の計画は、(1)「フィールド調査」による建物構成の調査および強風災害時の被害調査、(2)「風洞実験」による屋根部に作用する風圧係数の取得、(3)「実物大耐力試験」による金属屋根の耐力評価および破損メカニズムの解明である。本報告においては、(1)のフィールド調査の内容である、2020年3月に発生した強風時に生じた建物被害の被害調査の内容について報告する。

(実験調査によって得られた新しい知見)

1. 調査概要

2020年3月20日、日本海で発達した低気圧が北日本に接近した影響により、青森県内は各地で強風が吹き荒れ、八戸市は午前9時12分に最大瞬間風速43.4m/sを記録、八戸市の観測史上最大となった。気象台により発表された最大風速等のデータは表1の通りである。市内全域で屋根の一部破損、倒木、交通機関の乱れが見られた。本研究では、本被害の事後調査を行い、被害の範囲、被害状況、金属屋根の飛散被害が見られた建物の原因調査を行った。

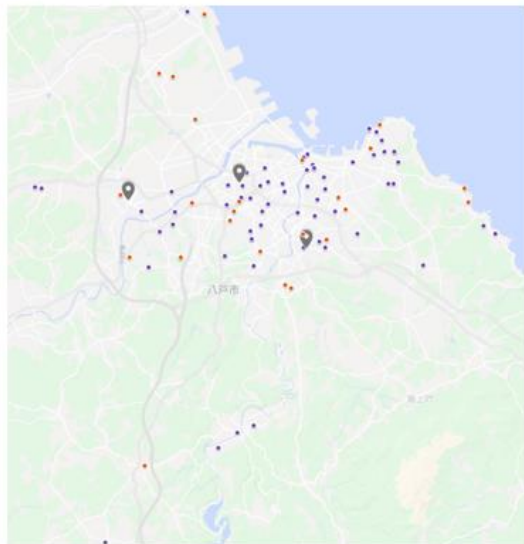
表1 当時の気象情報(青森地方気象台発表)

警報	2020年3月20日	1時37分	暴風警報発表
		19時43分	暴風警報解除
風速	最大風速	9時18分	28.9m/s(西南西)
	最大瞬間風速	9時12分	43.4m/s(南西)

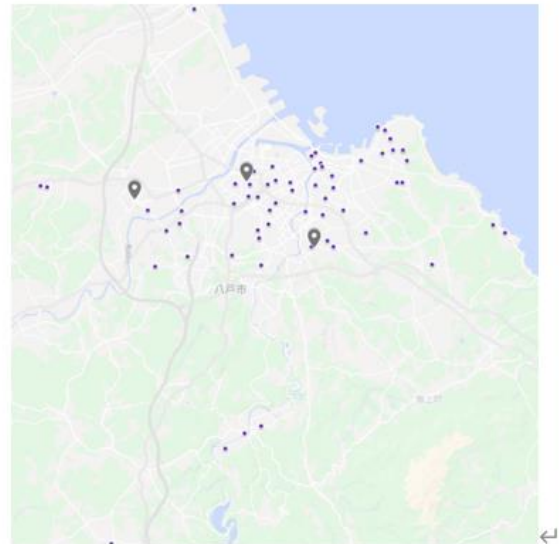
2. 建物被害の概要

図1に、聞き取り調査および被害報道記事調査を基に作成した、3月20日の強風被害状況を地図上にまとめたものを示す。図1(a)に示しているのは住宅・非住宅に被害が生じた場所、図1(b)に示しているのは、その中でも、屋根の損傷・一部損傷が見られた場所である。この図より、八戸市全域で被害が見られていることから、地形などにより被害が局所的に生

じたものとは考えられず，強風により広範囲に被害が生じたと考えられる。調査の結果，被害のあった建物の多くは屋根葺き材の剥離や飛散が主であることが分かった。



(a)住宅・非住宅に被害が生じた場所



(b)屋根の損傷・一部損傷が見られた場所

図1 3月20日の被害分布図(Google map)

3. 金属屋根被害の原因調査

(被害の概要)

3月20日の強風被害により，市内の学校校舎の建物において金属屋根葺き材の被害が生じた。被害建物は，1971年に建設された鉄筋コンクリート造3階建ての校舎であり，瓦棒葺き金属屋根の一部が剥離・飛散した。被害の生じた箇所を図2に示す。本研究においては本被害を対象に，原因の調査を行った。

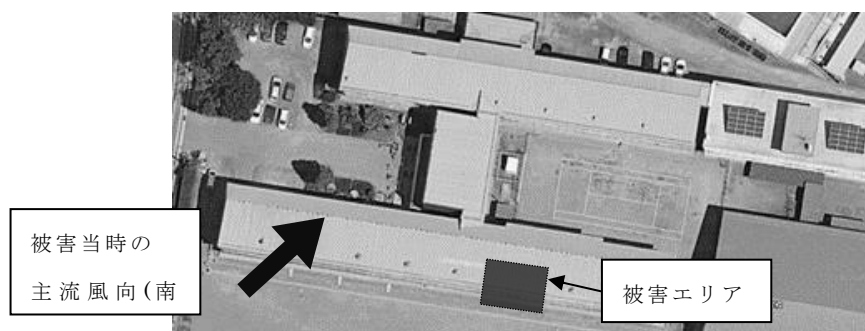


図5 被害建物の航空写真・被害エリア・風向

図3は強風被害の3日後に撮影した屋根被害の様子である。被害は屋根幅約10mの範囲で生じていた。図3(a)より，金属屋根葺き材が屋根端部から剥離している様子がわかる。さらに，図3(b)より，割れた屋根の外装材が飛散している様子も見られ，周辺環境にも影響があった可能性があると考えられる。



(a)被害全体写真



(b)飛散した外装材

図 3 被害写真

(要因分析：設計風圧の比較)

設計当時(1971年)には昭和46年建設省告示第109号を用いて設計されたと考えられるが、現行では平成12年建設省告示第1458号に基づき設計される。その差異を明らかにするため、それぞれの設計式により今回被害を受けた屋根部位の設計風圧を求め、以下のように比較を行った。本研究では、1971年に建設された鉄筋コンクリート造3階建ての校舎を対象とする。屋根端部が一部折れ曲がった切妻屋根で、葺き方は瓦棒葺き、平均地上高さは11.05mとなっている。

- 昭和46年建設省告示109号
 - ・設計用平均速度圧 $q = 2187.87$ (N/m²)
 - ・推定設計風圧力 $P = 3216.17$ (N/m²)
- 平成12年建設省告示1458号
 - ・設計用平均速度圧 $q = 455.07$ (N/m²)
 - ・推定設計風圧力 $P = 2184.35$ (N/m²)

また、被害当時の最大瞬間風速を告示1458号に基づいて、得られた計算結果を以下に示す。

- ・推定風圧力(被害当時) $P = 2372.74$ (N/m²)

計算結果より、設計当時の設計風圧は現在の基準と比較した場合に1.5倍程度大きく、設計風圧算定式の変遷により今回の被害を受けた建物の設計が不十分であったとは考え難い。もし、当時の設計が適切に行われていたとすれば、今回生じた圧力は設計風圧力以下であると考えられる。その一方、被害当時の最大瞬間風速による圧力は現行の基準による設計風圧力を上回っていることから、現行の設計の考え方で想定する以上の圧力が生じた可能性もあることが分かった。

(要因分析：屋根葺き材留め付け具の劣化)

屋根の剥離・飛散などの被害が生じた要因として、設計風圧を超えた風圧が生じた可能性のほかに、経年劣化の影響により屋根の耐力が低下していた可能性が考えられる。図4に、被害発生後に撮影した屋根剥離部分の留付け具の様子を示す。被害箇所屋根留付け具は錆が生じており、健全な留付け具と比較して断面が細くなり、折れ曲がっている留め

付け具も見られた。この他にも同様の劣化が生じた留付け具が見られていることから、屋根葺き材の風圧に対する耐力は低下していたものと考えられ、設計風圧以下の風圧でも剥離が生じたものと推定される。



図 4 屋根留め付け具の劣化の様子

次に、劣化が生じ、進行した要因について考察を行う。図 5 に示す煙突部分のひび割れなどの隙間から、雨水などが侵入し、劣化が進行したと考えられる。修繕工事のために、外装材を剥がした屋根の様子を図 5(a)、煙突手前のボルト断面の様子を図 5(b)に示す。ボルトは工事のために切断したものもあるが、既に折れているものも見られた。



(a) 外装材を剥がした屋根の様子(煙突部) (b) 煙突手前のボルト断面の様子

図 5 修繕工事中の様子

屋根留め付け具と直接接触している金属屋根材の裏面は、表面と比べ、紫外線が当たらず、水分が侵入しないと考えられており、劣化がしにくいと考えられている。そのため、一般的に、その塗装がサービスコート（1 コート・1 ベーク/1 度塗り・1 度乾燥）と呼ばれ、表面の塗装（2 コート・2 ベーク）と比べ、耐久性はあまり重要視されていない。しかし、実際は、今回対象としている建物のように、水分が浸入して想定外に留め付け具や軒先部の劣化が進行している。一般的な、金属屋根の水分による劣化の仕組み・要因を以下に示す。

- ・軒先部や棟部からわずかな雨水浸入や結露により湿潤している
 - ・野地板・ルーフィングとの密閉度が高く、一度浸入した裏面の水分は排出されにくい
- このような条件が重なり、長時間、軒先部や裏面が水分と接し、表面と比べて劣化が進む。さらに、裏面に対しては再塗装などの定期的なメンテナンスを行うことは難しい。そのため、金属屋根表面のメンテナンスを行っていても、裏面の劣化に気付かず、被害拡大の要因とな

ってしまう。このような状況を防ぐため、点検のタイミングや、点検方法の見直しが非常に重要だと言える。

4. 今後の課題

今後は、被害原因の詳細な調査にあたり、対象建物モデルを対象とした風洞実験や、数値流体解析に基づき、強風時に生じていた風圧の評価等を行う必要があると考えられる。また、金属屋根の耐力情報の目的として、実物大動風圧試験による実際の金属屋根部を試験体とした耐力評価実験に基づき、作用荷重と部材耐力の両面から検討を行う予定である。

(発 表 論 文)

2021年発表予定で現在執筆中。